

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-17924

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)1月22日

B 01 D 65/02  
63/04

8014-4D  
6953-4D

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全8頁)

⑭ 発明の名称 中空糸膜ろ過装置の逆洗方法

⑯ 特 願 昭63-165105

⑰ 出 願 昭63(1988)7月4日

⑱ 発 明 者 藪 智 彦 東京都港区芝浦1丁目1番1号 株式会社東芝本社事務所  
内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁理士 則近 憲佑 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

中空糸膜ろ過装置の逆洗方法

2. 特許請求の範囲

1. 密閉された容器本体を上下に処理室とろ過室とに仕切る仕切板に垂設された中空糸膜モジュールの中空糸膜を通過させて被処理液を前記ろ過室から前記処理室に流して前記被処理液のろ過を行なう中空糸膜ろ過装置の前記被処理液の流れを一時中断し、前記処理室を加圧して前記ろ過室に設けられたオーバーフロー管から前記ろ過室の内容物を排出しながら前記被処理液を逆流させ、前記中空糸膜を逆洗して再生する中空糸膜ろ過装置の逆洗方法において、前記被処理液の流れを一時中断する工程と前記処理室を加圧する工程との間に、前記ろ過室内の前記被処理液の一部を予め排出する工程を挿入したことを特徴とする中空糸膜ろ過装置の逆洗方法。

2. 予め一部を排出する前記ろ過室内の前記被処理液は前記容器本体の前記ろ過室部分の側壁に

設けられた部分排出管を経由させて排出することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の中空糸膜ろ過装置の逆洗方法。

3. 予め一部を排出する前記ろ過室内の前記被処理液の量は前記処理室内を満たす前記被処理液の量と同量とすることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の中空糸膜ろ過装置の逆洗方法。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

この発明は、原子力発電プラントもしくは再処理プラントの放射性廃液処理、または原子力もしくは火力発電プラントの複水浄化に用いられる中空糸膜ろ過装置の逆洗方法に係り、特に処理液による中空糸膜フィルタの逆洗を効果的に行なえるようにした中空糸膜ろ過装置の逆洗方法に関する。

(従来の技術)

中空糸膜ろ過装置は、よく知られているように、高分子材料によって繊維状に構成された中空糸膜をフィルタエレメントとして使用するろ過装置で

ある。中空糸膜フィルタは、微粒状の不溶性混入物を効率よく捕捉できること、また逆洗による再生使用が可能なこと等の特徴を有し、各種の液体処理設備で利用されている。原子力発電プラント等の大型設備に用いる中空糸膜ろ過装置の場合には、フィルタエレメントとして第12図に示す多数の中空糸51を束ねて折返し、結束部28から吊下げた中空糸膜モジュール9が使用されている。

一般に、原子力発電プラントにおいては、放射線低減対策として腐食生成物の発生の抑制およびその除去を行なっている。腐食生成物の除去は、例えば原子力発電プラントで発生する放射性廃液あるいは原子炉復水系の複水中に存在する懸濁物を、中空糸膜ろ過装置を用いて分離除去することによりなされる。

第6図は、従来の中空糸膜ろ過装置の一例（以下第1従来例という）を示す断面図である。

この中空糸膜ろ過装置1により廃液（被処理液）をろ過するには、この廃液を廃液供給配管3から容器本体5のろ過室7へ供給する。供給された廃

液は、各中空糸膜モジュール9の中空糸膜によりろ過され、各中空糸内を通過して処理室11へ案内される。処理室11に案内された処理済の液体（処理液）は、処理液排出管13から外部へ送られる。

中空糸膜によるろ過作用の進行に伴ってろ過機能が次第に低下するので、逆洗処理を定期的に行なう必要がある。

この中空糸膜モジュールの逆洗再生処理方法として、例えば特開昭60-19002号公報等に記載されているように、処理液を用いて中空糸膜モジュールを逆洗する方法がある。この逆洗方法を第6図の構成によって説明する。即ち、この逆洗処理の際には、被処理液の供給を停止し、処理液排出管13から処理室11へ加圧気体が供給され、処理室11内が加圧される。この加圧により処理液が逆流し、中空糸の内側から外側へ処理液が噴出して、中空糸の外周に付着した懸濁物が除去される。除去された懸濁物は、ろ過室7の底部に沈澱する。加圧空気の際には、バブリング管15から同時に気泡が噴出され、この気泡により中空糸が振動して、

クラッド等の懸濁物の除去が円滑に行なわれる。この逆洗作用により、各中空糸膜モジュール9の中空糸膜はフィルタ機能が回復される。

逆洗中には、処理室11内の処理液が中空糸を介してろ過室7へ逆流するので、ろ過室7内の過剰な処理液および廃液は、オーバーフロー管17から排出される。同時に、バブリング管15からろ過室7内へ供給された空気も、オーバーフロー管17を介して外部へ排出される。また、逆洗終了後、懸濁物の沈澱により濃縮されたるろ過室7内の廃液は、濃縮廃液排出管19から排出される。

その後、廃液供給配管3から再び廃液を導入し、ろ過室7内に廃液を満たしてろ過処理過程へ移行する。このとき、中空糸膜モジュール9の中空糸が空気を通しにくいので、ろ過室7内の空気は廃液の液面上昇に伴い、オーバーフロー管17から排出される。しかし、オーバーフロー管17は、ろ過室7と処理室11とを区分する仕切板21に対し一定距離hを隔てて設置されているため、ろ過室7内へ廃液供給が完了し、ろ過処理を開始する前に、

ろ過室7の上部に空気が残存することになる。そのため、中空糸膜モジュール9には、その残存空気23に接触する部分が存在し、この接触部分がろ過処理に何ら寄与しないので、中空糸膜モジュール9の有効膜面積が減少して、ろ過効率が低下するという問題がある。また、中空糸膜モジュール9が残存空気23に接触することから、この残存空気23と接触した中空糸が劣化するおそれもある。

そこで、従来、第7図に示すように、仕切板21に流路25を形成し、この流路25にオーバーフロー管26を接続させたもの（以下第2従来例という）が提案されている。また、第8図に示すように、オーバーフロー管27をろ過室7内にて上方に曲げ、ろ過室7内に位置するオーバーフロー管27の開口部24の先端を、中空糸膜モジュール9の結束部28下端より上方に位置させたもの（以下第3従来例という）がある。さらに、第9図に示すように、第1従来例におけるオーバーフロー管17のろ過室7内における開口部を囲むようにしてせき板29を設置し、このせき板29の上端30を、中空糸膜モジ

ジュール9の結束部28下端に位置させたもの（以下第4従来例という）がある。

第7図に示す第2従来例によれば、逆洗開始直前におけるろ過室7内の腐液液面を仕切板21に接するまで上昇させ、ろ過室7内の空気を一掃することができる。したがって、中空糸膜モジュール9の中空糸膜を完全に腐液中に浸漬させることができる。また、第8図および第9図に示す第3および第4従来例の場合でも、逆洗開始直前のろ過室7内腐液液面をオーバーフロー管27（第8図）の開口部24またはせき板29（第9図）の上端まで上昇できるので、中空糸膜モジュール9の中空糸膜を完全に腐液中に浸漬させることができる。したがって、これら第2から第4従来例の場合には、中空糸膜モジュール9のろ過効率の向上および中空糸の劣化を防止することができる。なお、第2から第4従来例は、特開昭61-293505号公報に掲載されている。

ところが、第2から第4従来例では、中空糸膜モジュール9の本数が少ない場合には問題ないが、

くならない。ここで、逆洗時における流体の流路面積 $A_1$ は、オーバーフロー管27の内径をDとすると、 $A_1 = \pi D \delta_1$ で示される。また、オーバーフロー管27の開口部24を流れる流体の流速 $V_1$ は逆洗時の必要流量をQとすると、 $V_1 = Q / A_1$ で示される。さらに、流体抵抗が流速の2乗に比例する。

したがって、これらのことから、距離 $\delta_1$ が小さいと逆洗時における流体の流路面積 $A_1$ が不足し、このため流速 $V_1$ が増大して流体抵抗が増加することになる。このように逆洗時における流体抵抗が増加する結果、中空糸膜の逆洗が不充分となり、逆洗処理によってもろ過差圧が充分回復しないという不都合が生ずる。このような不都合は、第4従来例の場合にも同様である。

第11図は、第3従来例（第8図）において中空糸膜の表面積を500 $\text{m}^2$ とし、酸化第2鉄と、非晶鉄を混合した水溶液（流量40 $\text{m}^3/\text{h}$ 、温度30℃）を定量ろ過したときの試験結果である。同図の横軸は、中空糸膜による不溶解固形分の捕捉総量を単位膜面積で表わした量（ $\text{g}/\text{m}^2$ ）であり、縦軸は

中空糸膜モジュール9の本数が多くなった場合には、逆洗時の腐液および処理液ならびに空気の排出量を考慮すると、オーバーフロー管26, 27, 17の口径をそれだけ大きくしたり、またその本数を増加する必要がある。しかし、第7図に示す第2従来例の場合には、仕切板21の厚さの制約からオーバーフロー管26および流路25の口径の拡大に限界がある。したがって、充分大きな流路を確保できず、所要の逆洗性能を得るに必要な逆洗流量が得られず、逆洗性能が低下するという問題点がある。

また、第8図および第9図に示す第3および第4従来例の場合には、オーバーフロー管27の開口部24端部あるいはせき板29上端30と仕切板21との距離を $\delta_1$ とし、中空糸膜モジュール9の結束部28下端と仕切板21下面との距離を $\delta_2$ とすると、 $\delta_1 < \delta_2$ の関係がある。また、中空糸膜モジュール9の本数が多い場合、これに応じて、例えば第3従来例のオーバーフロー管27の口径をある程度大きくしても、その開口部24の周長がそれほど長

ろ過差圧（腐液供給配管3内と処理液排出管13内との圧力差）を示す。このグラフから、逆洗処理によってもろ過差圧が充分回復できず、特に逆洗回数の増加に伴うろ過差圧が急激に上昇し、逆洗回数が増えるほど逆洗性能の回復が図れないということがわかる。

第3および第4従来例のこのような逆洗性能の回復低下を防止するために、これらのオーバーフロー管27, 17の口径を増大したり、その本数を増加することも提案されている。しかし、オーバーフロー管27, 17の口径をある程度以上に大きくすると、密閉容器5の貫通部の穴径が大きくなり、密閉容器5の強度が低下する。また、オーバーフロー管27, 17の本数の増加は、密閉容器5に接続される配管レイアウトの複雑化を招き好ましくない。

さらに第4従来例の場合には、せき板29内に不溶解固形分が堆積し、特にこれが原子力発電プラントに適用された場合には、この不溶解固形分が放射線量の増加を招き、メンテナンス時における

作業員の被曝量が増大していた。

(発明が解決しようとする課題)

以上のように、第2従来例では、中空糸膜モジュール9の本数が増加した場合であっても、オーバーフロー管26および流路25の口径を拡大することができず、そのため十分な流路が確保できなくなり、洗浄性能が低下するおそれがある。また、第3および第4従来例の場合には、 $\delta_1 < \delta_2$ であるため、流体の流路面積が不足して流体抵抗が増大し、逆洗性能が低下するおそれがある。

この発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、逆洗時における液体の十分な流路を確保し、かつ十分な流路面積を確保して洗浄性能を向上させることができる中空糸膜ろ過装置の逆洗方法を提供することを目的とする。

[発明の構成]

(課題を解決するための手段)

本発明においては、密閉された容器本体を上下に処理室とろ過室とに仕切る仕切板に垂設された中空糸膜モジュールの中空糸膜を通過させて被

処理液をろ過室から処理室に流して被処理液のろ過を行なう中空糸膜ろ過装置の被処理液の流れを一時中断し、処理室を加圧してろ過室に設けられたオーバーフロー管からろ過室の内容物を排出しながら被処理液を逆流させ、中空糸膜を洗浄して再生する中空糸膜ろ過装置の逆洗方法において、被処理液の流れを一時中断する工程と処理室を加圧する工程との間に、ろ過室内の被処理液の一部を予め排出する工程を挿入した。

(作用)

逆洗のために処理室が加圧され、被処理液が中空糸膜を通過してろ過室に噴出したとき、ろ過室内の被処理液の一部は予め排出されてろ過室内に空気層が形成されているため、オーバーフロー管からはこの空気が排出される。空気の流体抵抗は液体のそれよりもはるかに小さいため、オーバーフロー管で大きな圧損を生ずることはなく、被処理液が中空糸膜を通過するときの線流速は十分高く保つことができるので、中空糸膜は効率よく逆洗・再生される。

(実施例)

以下この発明の一実施例を第1図乃至第4図を参照して説明する。なお第1図乃至第4図において、中空糸膜ろ過装置1の構成は先に第6図に示したもののオーバーフロー管を第8図に示したオーバーフロー管27に置換えたものと同一であり、各構成部材には第6図および第8図に示したものと同一符号を付してそれらの説明を省略する。

第1図において、ろ過処理は廃液を廃液供給管3からろ過室7へ供給することにより行なわれる。供給された廃液は、ろ過室7内に配設された中空糸膜モジュール9の中空糸51を透過する際に、廃液中の微細粒子が中空糸51の膜面に捕捉され、分離除去される。

微細粒子が除去されてろ過された清澄な処理液は、中空糸膜モジュール9の中空糸51内を通過して上部の処理室11へ流入する。そして、処理液は、この処理室11から処理液排出管13を通過して例えば原子炉供給水系等の外部へ送られる。

廃液のろ過処理の進行に伴って中空糸51の膜面

に微細粒子が付着していき、中空糸膜の微細な透過孔を閉塞するので、ろ過差圧が次第に増大していく。ろ過差圧が一定圧以上に上昇したとき、中空糸膜のろ過機能を回復させるために次に述べる逆洗処理が実施される。

まず、廃液供給配管3および処理液排出管13に連なる配管に取付けられた図示しないバルブを閉じ、廃液の供給を停止する。次にオーバーフロー管27に連なるバルブ(図示省略)を開け容器本体5内を大気圧に開放する。その後第2図に示すように濃縮廃液排出管19を通じてろ過室7内の廃液の一部を排出する。排出量は、処理室11の容積と同程度とするのが良い。排出量の制御は、図示しない液位計により行なう。あるいは濃縮廃液排出管19のバルブの開閉時間をタイマーにより設定して行なうこともできる。廃液の一部を排出することにより、ろ過室7内に空気層33が形成される。この後すみやかに次の工程に入る。

次の工程は第3図に示すように、処理液排出管13から処理室11へ加圧気体を供給し、処理室11内

を加圧する。この加圧により処理液が逆流し、懸濁物が中空糸51からはくりされる。逆流により当然ろ過室7の水量は増加するので、上部の空気層33は加圧されるが、この空気はオーバーフロー管27を通して排出される。

次に第4図に示すように処理室11内の処理液が全て逆流した後に、バブリング管15より気泡を噴出し、中空糸を振動させ、はくりした懸濁物をふり落とす。

中空糸膜モジュール9から取り除かれた微細粒子は、容器本体5の底部に貯留されるが、この微細粒子を含んだ濃縮廃液は、逆洗処理終了後に濃縮廃液排出管19を通して外部へ排出される。

その後廃液供給配管から再び廃液を導入しろ過室7内に廃液を満たしろ過処理過程へ移行する。

上述した実施例によれば、以下のような効果を生ずる。

- (1) 逆洗時にオーバーフロー管27を通る流体は、液体ではなく、気体となるためオーバーフロー管27による圧力損失がなくなり、逆洗時の流体

で示される。これらのことから

$$\begin{aligned} A &= \pi D \delta_1 = \pi \times 102.3 \times 15 \\ &= 4820 \text{ mm}^2 \\ V &= \frac{Q}{A} = \frac{0.03}{4820 \times 10^{-6}} \\ &= 6.2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

となる。すなわち、適正な逆洗が行なわれるためには、オーバーフロー管27の開口部上部の15mmの狭いすきまを6m/s以上の速度で流体と流す必要がある。この条件で流体として液体を流す事は、圧力損失が極めて大きく、流体振動、エロージョン等を引き起こすおそれもあり実現困難である。

しかるに本実施例では逆洗時にオーバーフロー管27を流れる流体は気体であり、気体の場合は、6m/sの流速はいわばそよ風程度であり、圧力損失も小さい。従って適正な逆洗流量を得ることができる。

ここでさらに流体が気体の場合と液体の場合の流速比についてみると、一般に、流体の圧力損失 $\Delta P$ は流体の密度 $\rho$ に比例し、流速 $V$ の自

流量が充分確保できるので、逆洗性能を向上させることができる。

これを具体的数値を用いて明らかにするため、一例として、中空糸膜モジュール9を50本使用した中空糸膜ろ過装置1について考察する。この場合適正な逆洗性能を得るために必要な逆洗の流量 $Q$ は、実験により $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ である。例えば、内径 $102.3 \text{ mm}$ のオーバーフロー管27を用い、中空糸膜モジュール9の中空糸51の劣化を防ぐため、例えばオーバーフロー管27の上端から仕切板21の下端までの距離 $\delta_1 = 15 \text{ mm}$ とする場合、逆洗時におけるオーバーフロー管27の開口部の流路面積 $A$ は、開口部先端の内径を $D$ とすると、

$$A = \pi D \delta_1$$

で示される。また、このとき、開口部の先端部上を流れる流体の流速 $V$ は、

$$V = \frac{Q}{A}$$

乗に比例することが知られている。従って従来の逆洗方法（添字1）と本発明の逆洗方法（添字2）で、同一の圧力により加圧空気を加えて逆洗を行なった場合、水の密度 $\rho_1 = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ 、空気の密度 $\rho_2 = 1.293 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ であるから

$$\begin{cases} \Delta P_1 = C \frac{\rho_1}{2} V_1^2 \\ \Delta P_2 = C \frac{\rho_2}{2} V_2^2 \end{cases}$$

ここで $\Delta P_1 = \Delta P_2$ とすると、

$$\rho_1 V_1^2 = \rho_2 V_2^2$$

$$\therefore \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} = \sqrt{\frac{1000}{1.293}} = 27.8$$

すなわち、本発明によれば、同一圧力で、従来の28倍もの流速が可能となる。実際には、中空糸膜フィルタでの圧力損失も加わるため、同一圧力を加えても28倍の流速の差は得られないが、極めて逆洗流速を大きくできることは明らかである。

つまり、本実施例では、流体密度が従来例に

比べ著しく小さいので流体抵抗を従来例の約1/800程度に減少させることができる。その結果、中空糸51の逆洗を充分に行なうことが可能となる。

以上のように、本実施例では逆洗時の流速を充分確保できるので、逆洗性能の向上を図ることができる。その結果、中空糸膜モジュール9の長寿命化を達成することもできる。

第10図は、本実施例の定量ろ過試験の試験結果を示すグラフである。この試験では第11図に示した第3従来例の試験の場合と同様に、中空糸膜モジュール9の中空糸膜表面積を500㎡とし、酸化第2鉄と非晶鉄を混合した水溶液（流量40㎡/h、温度30℃）を、定量ろ過したものである。同図における横軸は、中空糸膜による不溶解固形分の捕捉総量を単位膜面積当たりで表わした量（g/㎡）であり、縦軸はろ過差圧を示す。このグラフによれば、逆洗の度毎にろ過差圧は確実に低下してほゞ使用開始時の値に回復し、しかも逆洗回数が増えてもろ過差圧が増

加することはない。したがって第11図と比較すれば逆洗性能が飛躍的に向上していることがわかる。

(2) ろ過効率の向上および中空糸の劣化防止を図ることができる。

つまり、ろ過室7内の腐液液面は、中空糸膜モジュール9の結束部28下端よりさらに上方または同一水平面に位置する。したがって、中空糸51の全体が液中に浸漬されることになり、中空糸膜モジュール9の全体をろ過に寄与させることができるので有効膜面積が拡大され、ろ過効率を向上させることができる。これと同時に中空糸51の上端部が空気に接触しないので、中空糸51の劣化を防止することができる。

(3) 前述のように、オーバーフロー管での圧力損失が少なくなるので、オーバーフロー管27の口径を小さくしても逆洗性能を向上させることができる。このため、容器本体5のオーバーフロー管27用の慣性孔を小径にでき、容器本体5の強度の低下を招くことはない。またこれに伴い、

容器本体5の補強等を行なう必要は生じない。さらに、同様の理由から、オーバーフロー管27の本数を少なくできるので、容器本体5に接続される配管のレイアウトが単純となる。

(4) 本実施例では、第4従来例（第9図）のようなせき板29を用いないため、せき板29内に不溶解固形分が堆積するという事態が生じない。したがって、本実施例を原子力発電プラントに適用した場合には、中空糸膜ろ過装置1の放射線量が低く、メンテナンス時における作業員の被曝量を大幅に低減することができる。

さらに本発明では第5図に示すように容器本体5のろ過室7の部分の側壁の腐液供給配管3より高い位置に部分排出管35を設け、逆洗時における処理室11の加圧に先立つ腐液の一部排出の工程をこの部分排出管35により行なうようにしてもよい。この方法によれば、空気層の量は部分排出管35の位置によって自動的に定まり、前述した実施例で必要であった液位計あるいはタイマによるバルブ開閉装置は不要となる。なおこれ以外の作用・効

果は前述した実施例と全く同じである。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、この発明に係る中空糸膜ろ過装置の逆洗方法によれば、逆洗のための逆洗開始前に予めろ過内に空気層を形成した後に逆洗を行なうため、逆洗時にオーバーフロー管内を流れる流体が気体となり、圧力損失が充分小さくなるとともに逆洗流速を増大させることが可能となり、その結果、逆洗性能を向上させることができるという効果がある。

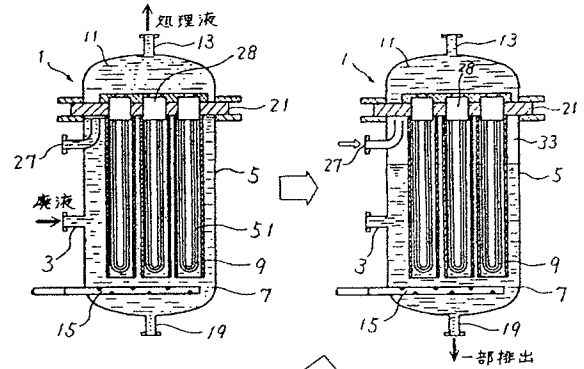
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第4図は本発明の一実施例を工程順に示す縦断面図、第5図は本発明の他の実施例を示す断面図、第6図は従来の中空糸膜ろ過装置の逆洗方法を説明するための中空糸膜ろ過装置の断面図、第7図乃至第9図は従来の中空糸膜ろ過装置の要部を拡大して断面図、第10図は本発明の一実施例の効果を説明するための線図、第11図は従来の中空糸膜ろ過装置の逆洗方法の効果を説明するための線図、第12図は中空糸膜モジュールを示

す斜視図である。

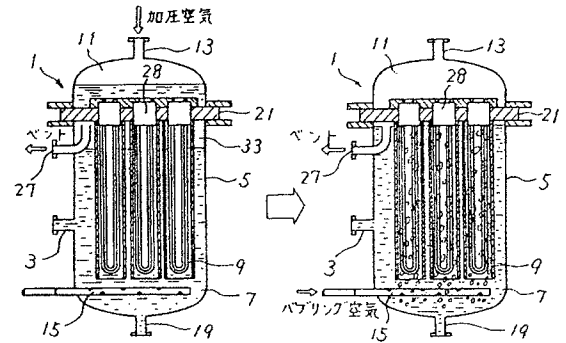
- |                     |             |
|---------------------|-------------|
| 1…中空糸膜ろ過装置          | 5…容器本体      |
| 7…ろ過室               | 9…中空糸膜モジュール |
| 11…処理室              | 21…仕切板      |
| 17, 26, 27…オーバーフロー管 |             |
| 51…中空糸              | 35…部分排出管    |

代理人 弁理士 則 近 憲 佑  
同 弟子丸 健



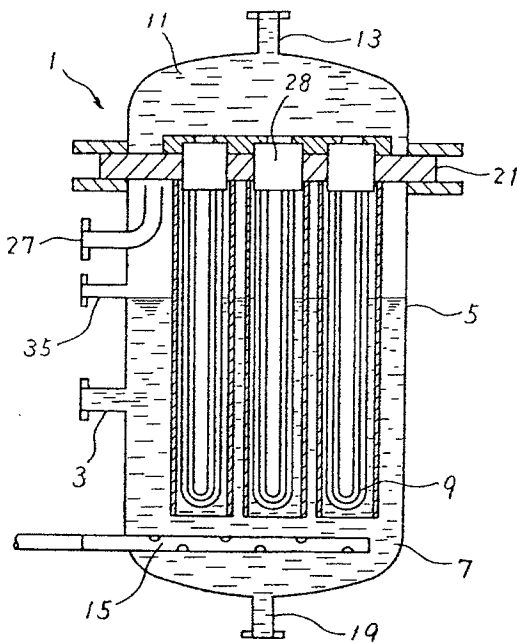
第 1 図

第 2 図

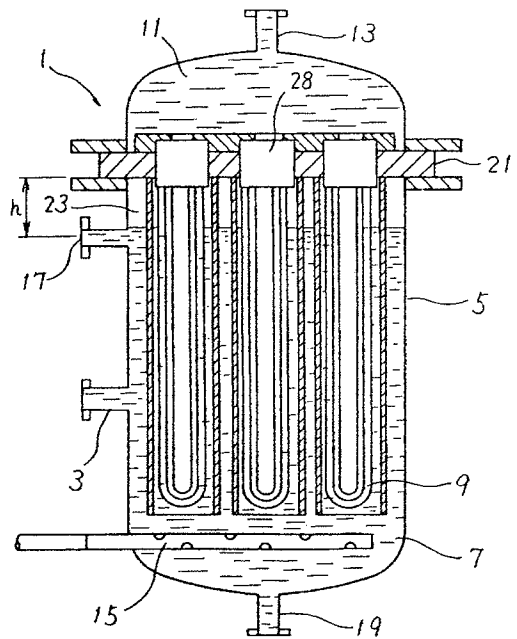


第 3 図

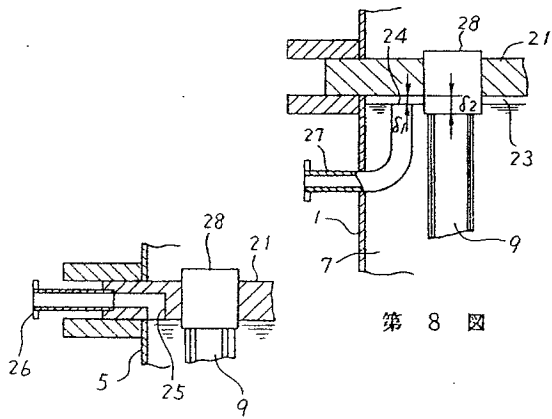
第 4 図



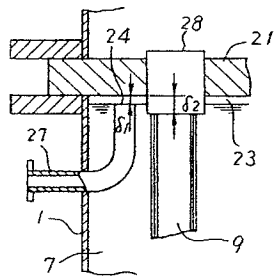
第 5 図



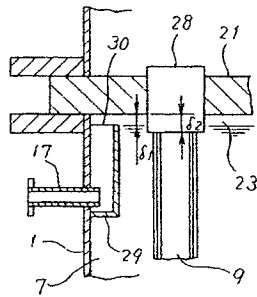
第 6 図



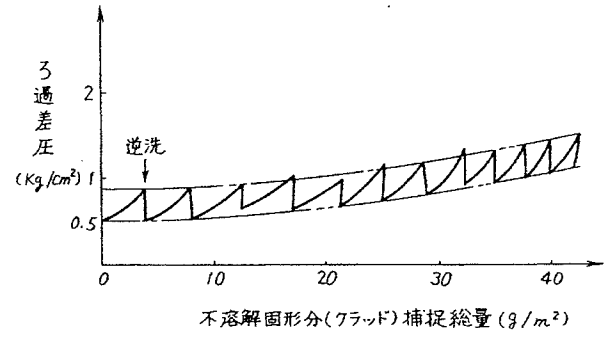
第 7 図



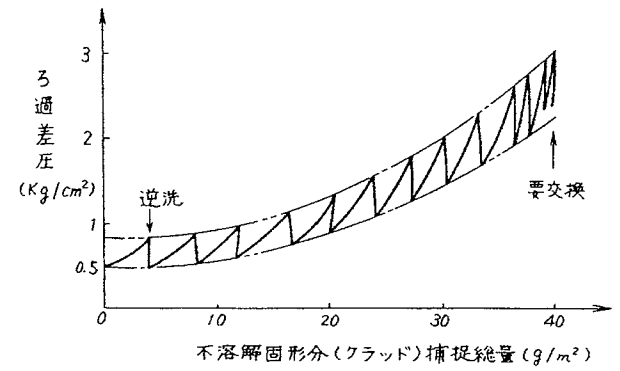
第 8 図



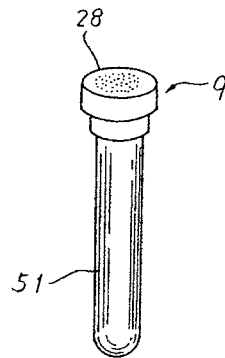
第 9 図



第 10 図



第 11 図



第 12 図